

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

KLARA NEKIĆ

ANALIZA KLIME I KLIMATSKIH INDEKSA NA PODRUČJU
EUMEDITERANA I SUBMEDITERNA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2019.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj ***završni rad*** izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Klara Nekić

U Zagrebu, 27.9.2019.

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet:	Ekologija šuma
Mentor:	Izv.prof. dr.sc. Damir Ugarković
Asistent-znanstveni novak:	/
Student (-ica):	Klara Nekić
JMBAG:	0068227380
Akad. godina:	2018/2019
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 27.9.2019.
Sadržaj rada:	Slika: 8 Tablica: 8 Navoda literature: 17
Sažetak:	<p>Cilj ovog završnog rada je analiza klime i klimatskih indeksa na području eumediterana i submediterana. Za područje submediterana analiza je napravljena za meteorološke postaje Senj i Karlobag. Za područje eumediterana analiza je napravljena za meteorološke postaje Rab i Zadar. Podaci o klimatskih elementima su prikupljeni iz baze podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda, a na osnovu njih su izračunati klimatski indeksi. Meteorološke postaje na području submediterana su imale hladniju i vlažniju klimu u odnosu na meteorološke postaje na području eumediterana. Na području Karlobaga prisutan je trend statistički značajnog smanjivanja količine oborine, a na području Zadra prisutan je trend povećanja količine oborina. Od 1961. godine na svim predmetnim meteorološkim postajama prisutan je trend značajnog povećanja srednjih godišnjih temperatura zraka i potencijalne evapotranspiracije. Od 1991. godine na svim meteorološkim postaja utvrđeno je</p>

	<p>statistički značajno povećanje srednjih godišnjih temperatura zraka i potencijalne evapotranspiracije u odnosu na referentni niz. Promjene u godišnjim količinama oborina nisu tako izražene kao što je to slučaja sa promjenama temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije. Vodni deficit je na svim analiziranim meteorološkim postajama bio od mjeseca svibnja do mjeseca kolovoza.</p> <p>Ključne riječi: klima, klimatski indeksi, eumediteran, submediteran</p>
--	---

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Cilj istraživanja	4
3. Materijal i metode rada	5
4. Rezultati	7
4.1. Analiza klime submediterana i eumediterena	7
4.2. Analiza trenda i odstupanja klimatskih elemenata od referentnog niza.....	13
4.3. Vodna bilanca ekosustava	15
5. Zaključak	17
6. Literatura.....	18

1. Uvod

Šumska vegetacija u mediteranskoj regiji Republike Hrvatske je podijeljena u dva vegetacijska pojasa. To su mediteransko – litoralni vegetacijski pojas i mediteransko – montanski vegetacijski pojas. Svaki od pojaseva dalje se dijeli u vegetacijske zone. Tako se mediteransko – litoralni vegetacijski pojas dijeli na submediteransku, eumediteransku i stenomediteransku vegetacijsku zonu. Mediteransko – montanski vegetacijski pojas se dijeli na zonu epimediterana i hemimediterana. Vegetacijske zone submediterana, eumediterana i stenomediterana se jasno razlikuju po određenim klimatskim obilježjima, prije svega apsolutnim temperaturama zraka, ali i po količini oborina te vremenskom trajanju sušnih razdoblja (Seletković i dr. 2011). Suša i sušna razdoblja su klimatska karakteristika zone mediterana. Prema istraživanjima Sardans i Penuelas (2004) u bliskoj budućnosti možemo očekivati vremenski dulja i učestalija sušna razdoblja na području Mediterana. Rizik od suša jedan je od glavnih problema u šumarstvu, ali i poljoprivrednoj proizvodnji (Moonen i dr. 2002). Svaku od ove tri vegetacijske zone mediteransko – litoralnog vegetacijskog pojasa, karakterizira i određena glavla ili edifikatorska vrsta šumskog drveća. Tako je hrast medunac glavna vrsta šumskog drveća u submediteranu, hrast crnika u eumediteranu, a alepski bor u najtoplijoj zoni, a to je zona stenomediterana.

Klima je posredni ekološki čimbenik i najznačajniji stanišni čimbenik. Ona je i najznačajniji ograničavajući čimbenik u šumarstvu i poljoprivrednoj proizvodnji. Klima nekog područja je određena klimatskim elementima, klimatskim fenomenima (pojavama) i klimatskim indeksima koji utječu na razvoj vegetacije kao i na njihovo prirodno rasprostranjenje. Dva su najznačajnija stanišna čimbenika, a to su klima i tlo.

Klimatski elementi su čimbenici meteorološke prirode o kojima ovisi klima nekog područja (Šegota i Filipčić 1996). Od klimatskih elemenata za razvoj šumske vegetacije najznačajniji su temperatura zraka, količina oborine, relativna zračna vlaga i vjetar. Klimatski čimbenici su numeričke veličine za čiji izračun se uzimaju u obzir najmanje dva klimatska elementa. Zajedno s klimatskim elementima određuju klimu i klimatske uvjete na nekom području. Šumski ekosustavi na području mediteranske Hrvatske su se prilagodili na klimatske uvjete koji prevladavaju na tom području. Ti klimatski uvjeti, odnosno klimatski elementi se mijenjaju kroz vrijeme utječući na rast i razvoj svih organizama ekosustava. Možemo reći da je klima u konstantnoj promjeni (Ugarković i Kelava Ugarković 2013). U posljednje vrijeme, klimatske promjene su evidentirane i dokumentirane u cijelom svijetu. Weber i dr.

(1997) izvještavaju o promjenama temperaturnog režima tijekom 20 stoljeća na brdskom i planinskom području srednje Europe.

Na meteorološkim stanicama na području srednje i sjeverne Europe, Heino i dr. (1999) nisu pronašli promjene u oborinskim ekstremima. Smit i dr. (1988) su utvrdili kako regije sa srednjim nadmorskim visinama, kao što su srednji zapad u SAD-u, južna Europa i Azija postaju toplija i suša, dok regije sa nižim nadmorskim visinama postaju toplija i vlažnija.

Ugarković i Kelava Ugarković (2013) pišu o trendovima nekih klimatskih elemenata i indeksa na području mediteranske Hrvatske, kao i o njihovim odstupanjima u odnosu na referentni niz 1961. – 1990.

U klimatologiji postoji nekoliko pojmova koji opisuju odnosno definiraju nepostojanost i promjene klime kao ekološkog čimbenika. Oni opisuju promjene od najnižeg do najvećeg stupnja. Klimatske promjene su najopćenitiji termin koji podrazumijeva sve oblike promjene odnosno nepostojanosti klime bez obzira na njihovo prirodno ili fizikalno stanje (Šegota i Filipčić 1996). Zbog jednostavnosti prikaza u ovom zvršnom radu pojam klimatska promjena će se koristiti za sve oblike nepostojanosti klime.

Klimatski elementi koji su najviše utjecani promjenama su temperatura zraka ($^{\circ}\text{C}$) i količina oborine (mm). Zbog promjena vrijednosti klimatskih elemenata, mijenjaju se i vrijednosti nekih klimatskih indeksa. Primjerice, zbog promjena vrijednosti temperatura zraka i količine oborina, mijenjaju se i iznosi potencijalne evapotranspiracije u mm (Ugarković i Kelava Ugarković 2013).

Ekološki problem za vegetaciju na području Mediterana, predstavlja vodni defici tijekom ljetnih mjeseci. Ljeto bez oborina ili s malim iznosom oborina u kombinaciji sa visokim temperaturama zraka i tla, čestim toplim vjetrovima, povećavaju iznos evapotranspiracije i ekološke suše (Prpić 1986).

Prema Petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske o klimatskim promjenama prema Ujedinjenim narodima (DHMZ 2009), pozitivni trend temperatura zraka je prisutan na području cijele Republike Hrvatske. Ovaj pozitivni trend je posebno uočljiv tijekom zadnjih 50, a posebno tijekom zadnjih 25 godina. Trendovi srednjih vrijednosti temperatura zraka u zadnjih 50 i 25 godina su signifikantni na svim meteorološkim postajama u Republici Hrvatskoj. Giorgi (2002) je pronašao negativan trend zimskih oborina tijekom 20 stoljeća na velikom području Mediterana. Ipak, signifikantno smanjenje je bilo karakteristično za zapadni, srednji i istočni dio Mediterana. Giorgi (2002) je analizirao i varijabilnosti temperatura zraka i trendove na području Mediterana za vremensko razdoblje 20 stoljeća. Utvrdio je signifikantni trend zatopljenja u iznosu od $0,75\text{ }^{\circ}\text{C}$ po zemlji, uglavnom zbog

zatopljena u ranim i kasnim dekadama 20 stoljeća. Visoke varijabilnosti temperatura zraka su bile tijekom ljeta i zime. Koristeći iste podatke, Jacobeit i dr. (2003) se utvrdili ekstremna ljetna zatopljenja od 1969. do 1998. godine.

2. Cilj istraživanja

Cilj ovog završnog rada je analizirati neke klimatske elemente i klimatske indekse za određene meteorološke postaje na području eumediterana i submediterana. Analiza će se provesti kroz višegodišnju analizu temperatura zraka i količine oborine, analizu trenda, te odstupanja vrijednosti klimatskih elemenata i indeksa u odnosu na referentni niz.

3. Materijal i metode rada

Iz Državnog hidrometeorološkog zavoda Republike Hrvatske (DHMZ) prikupljeni su podaci o vrijednostima klimatskih elemenata za meteorološke postaje Senj, Rab, Karlobag i Zadar. Raspodjela meteoroloških postaja na zone mediteransko-litoralnog vegetacijskog pojasa je napravljena prema podjeli Seletković i dr. (2011).

Na osnovu podatka o srednjim mjesečnim i godišnjim temperaturama zraka, srednjim mjesečnim i godišnjim maksimalnim i minimalnim temperaturama zraka, te apsolutnim maksimalnim i minimalnim temperaturama zraka napravljeni su klimadijagrami i klimatogrami, te analiza klimatskih indeksa. Toplinski karakter klime i humidnost klime je analizirana po kišnim faktorima Gračanina (Gračanin, Ilijanić 1977).

Za srednje godišnje temperature zraka, godišnje količine oborine i godišnje iznose potencijalne evapotranspiracije, napravljeni su linearni trendovi i analiza odstupanja srednjih vrijednosti vremenskog niza 1991. – 2015. u odnosu na referentni niz 1961. – 1990.

Analiza trendova klimatskih elemenata i potencijalne evapotranspiracije je napravljena regresijskom analizom. Analiza odstupanja srednjih vrijednosti klimatskih elemenata i indeksa u odnosu na referentni niz je napravljena Studentovim t-testom nezavisnih uzoraka. Potencijalna evapotranspiracija je izračunata po metodi Blaney i Criddle (Šimunić 2016).

Vodna bilanca je izračunata kao razlika oborina u mm i potencijalne evapotranspiracije u mm (Dufour-Dror i Ertas 2004) na mjesečnoj razini. Klimatski indeksi kao što su Langov kišni faktor, de Martonne indeks aridnosti, stupanj kontinentalnosti i pluviotermički kvocijent, izračunati su prema formulama i uputama (Šegota i Filipčić 1996). Suša u mjesecima je utvrđena pomoću klimatograma (grafički).

Tablica 1. Meteorološke postaje na području istraživanja, razdoblje motrenja, te analizarni klimatski elementi i indeksi

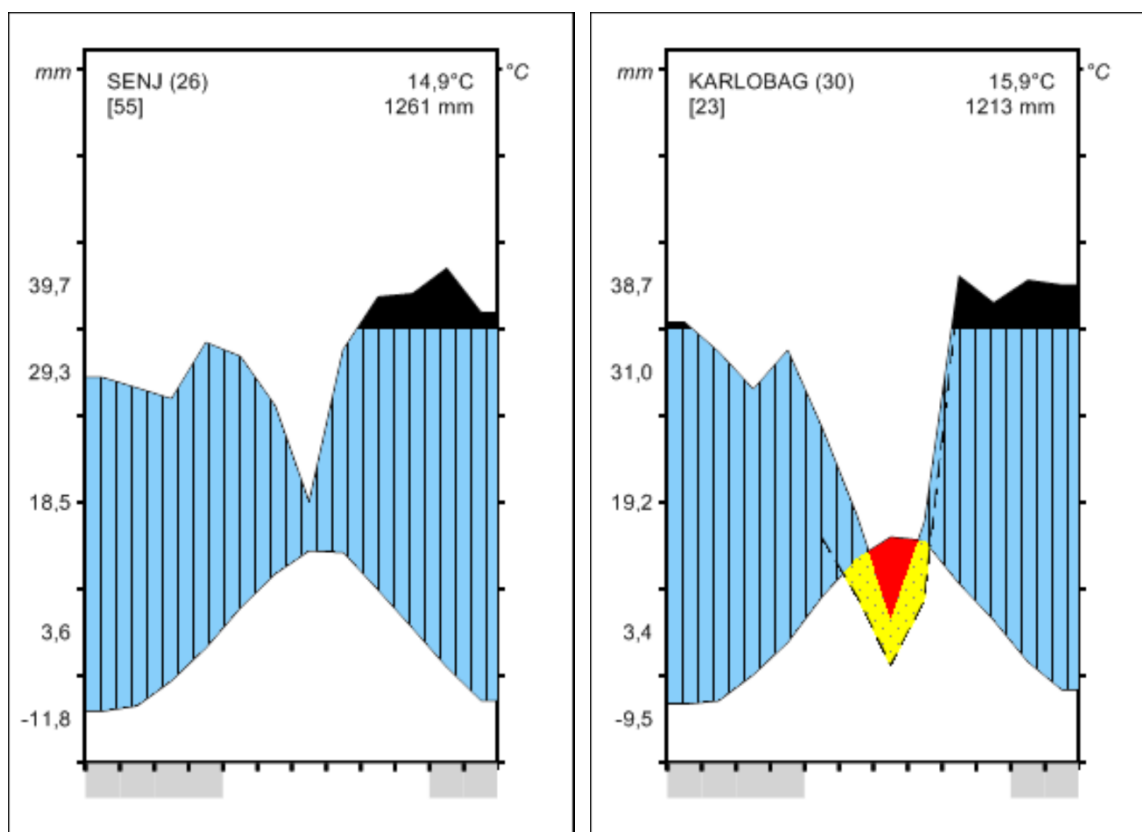
Meteorološka postaja / zona	Razdoblje motrenja	Klimatski elementi/indeksi
<u>Submediteran</u>		<i>Srednje godišnje temperature zraka (°C)</i> <i>Srednje maksimalne temeperature zraka (°)</i> <i>Srednje minimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Apsolutne maksimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Apsolutne minimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Godišnja količina oborina (mm)</i> <i>Potencijalna evapotranspiracija (mm)</i> <i>Vodna bilanca (mm)</i> <i>Suša (mjeseci)</i>
Senj	1961 – 2015	
Karlobag	1993 – 2015	
<u>Eumediteran</u>		<i>Srednje godišnje temperature zraka (°C)</i> <i>Srednje maksimalne temeperature zraka (°)</i> <i>Srednje minimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Apsolutne maksimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Apsolutne minimalne temperature zraka (°C)</i> <i>Godišnja količina oborina (mm)</i> <i>Potencijalna evapotranspiracija (mm)</i> <i>Vodna bilanca (mm)</i> <i>Suša (mjeseci)</i>
Rab	1961 – 2015	
Zadar	1961 – 2015	

Analiza klime, klimatskih indeksa, klimadijagrami, klimatogrami, te analiza toplinskog karaktera i humidnosti klime je napravljena u programu KlimaSoft 2.2. (Monachus 2004). Statistička analiza podataka, regresijska analiza linearnog trenda i Studentov t-test nezavisnih uzoraka, je napravljena u programu Statistica 7.1. (StatSoft, Inc. 2003).

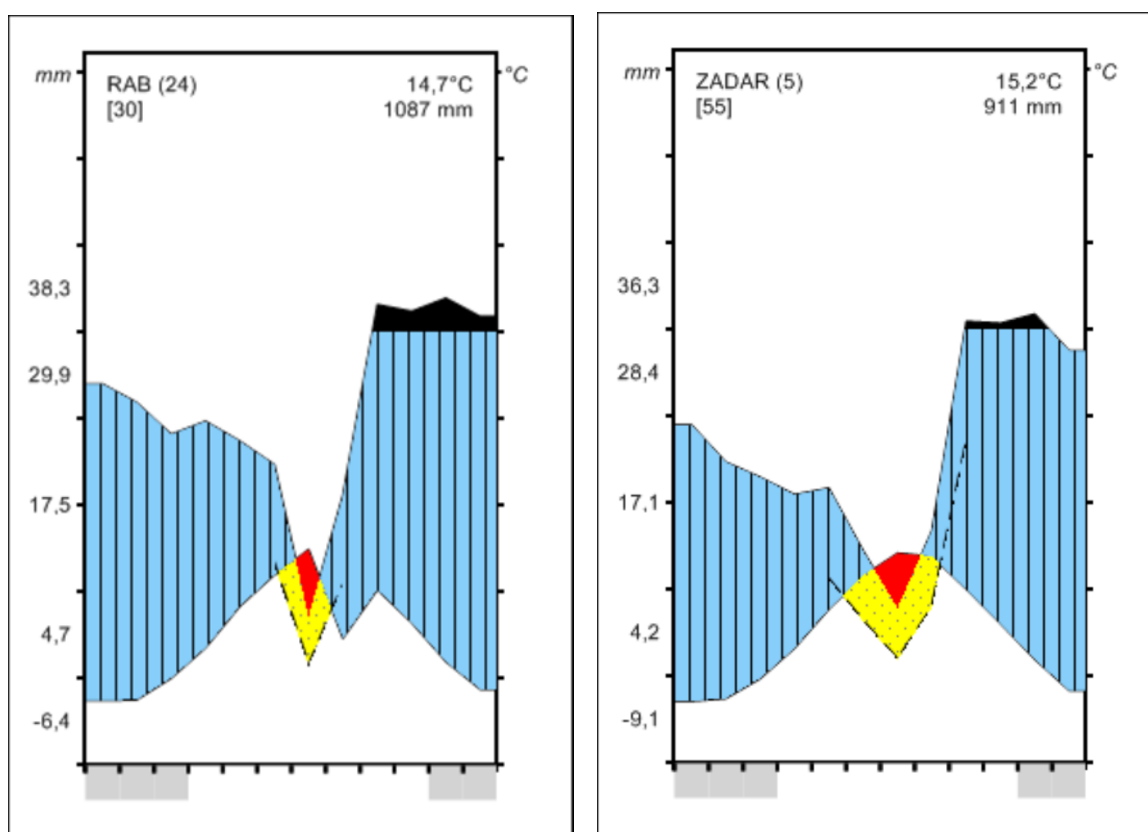
4. Rezultati

4.1. Analiza klime submediterana i eumediterena

Na slici 1. su prikazani klimadijagrami za meteorološke postaje Senj i Karlobag, područje submediterana. Srednja godišnja temperatura zraka je bila 14,9 °C na području Senja i 15,9 °C na području Karlobaga. Apsolutne maksimalne temperature zraka su iznosile 39,7 °C za Senj i 38,7 °C za područje Karlobaga, a apsolutne minimalne temperature zraka su bile -11,8 °C za Senj i -9,5 °C za Karlobag. Godišnja količina oborina je bila 1261 mm na području meteorološke postaje Senj i 1213 mm na području meteorološke postaje Karlobag. Oborinski režim je maritimni na obadvije meteorološke postaje, sa minimum količine oborine tijekom ljeta. Maksimumi oborina su bili tijekom jesenskih i zimskih mjeseci. Na području meteorološke postaje Senj nema razdoblja suše niti razdoblja suhoće, dok to nije slučaj za meteorološku postaju Karlobag. Mjesec srpanj je bio najsuši mjesec na području Karlobaga (slika 1).



Slika 1. Klimadijagrami za meteorološke postaje Senj i Karlobag



Slika 2. Klimadijagrami za meteorološke postaje Rab i Zadar

Na slici 2. su prikazani klimadijagrami za meteorološke postaje Rab i Zadar. Ove meteorološke postaje se naćaze na 24 m (Rab) i 5 m nadmorske visine (Zadar). Srednja godišnja temperatura zraka bila je 14,7 °C na području Raba i 15,2 °C na području Zadra. Apsolutne maksimalne temperature zraka su iznosile 38,3 °C za Rab i 36,3 °C za Zadar. Apsolutne minimalne temperature su iznosile -6,4 °C za Rab i -9,1 °C za Zadar. Kolićine oborina su iznosile 1087 mm za meteorološku postaju Rab i 911 mm za meteorološku postaju Zadar. Na obadvije meteorološke postaje je pristuan maritimni oborinski režim sa minimum oborina tijekom ljeta. Maksimum oborina je bio tijekom jesenih i zimskih mjeseci (slika 2).

U submediteranskom području razdoblje suše bile je znaćajno manje u odnosu na područje eumediterana (slike 1 i 2).

U tablici 2. prikazana je analiza toplinskog karaktera klime. Postaje na području submediterana (Senj i Karlobag) imale su veći broj umjereno hladnih mjeseci u odnosu na postaje na području eumediterana (Rab i Zadar). Postaje na području submeditarana imale su tri topla mjeseca (Senj i Karlobag), a postaje na području eumediterana imale su ćetiri do

pet toplih mjeseci (Rab i Zadar). Na svim meteorološkim postajama bilo je ukupno tri do četiri vruća mjeseca.

Tablica 2. Analiza toplinskog karaktera klime

Postaja	M j e s e c i											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Senj	uhl	uhl	ut	t	t	v	v	v	v	t	ut	uhl
Karlobag	uhl	uhl	ut	t	t	v	v	v	v	t	ut	ut
Rab	uhl	uhl	ut	t	t	v	v	t	v	t	t	ut
Zadar	uhl	uhl	ut	t	t	v	v	v	v	t	t	ut

Uhl – umjereno hladno; ut – umjereno toplo; t – toplo; v - vruće

Tablica 3. Analiza humidnosti klime

Postaja	M j e s e c i											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Senj	ph	h	h	h	sh	sa	a	sa	h	h	ph	ph
Karlobag	ph	h	h	h	sa	a	a	a	h	h	ph	ph
Rab	h	h	h	sh	sa	a	a	sa	sh	h	h	ph
Zadar	h	h	h	sa	sa	a	a	a	sh	h	h	h

Ph – perhumidno; sh – semihumidno; h – humidno; sa – semiaridno; a - aridno

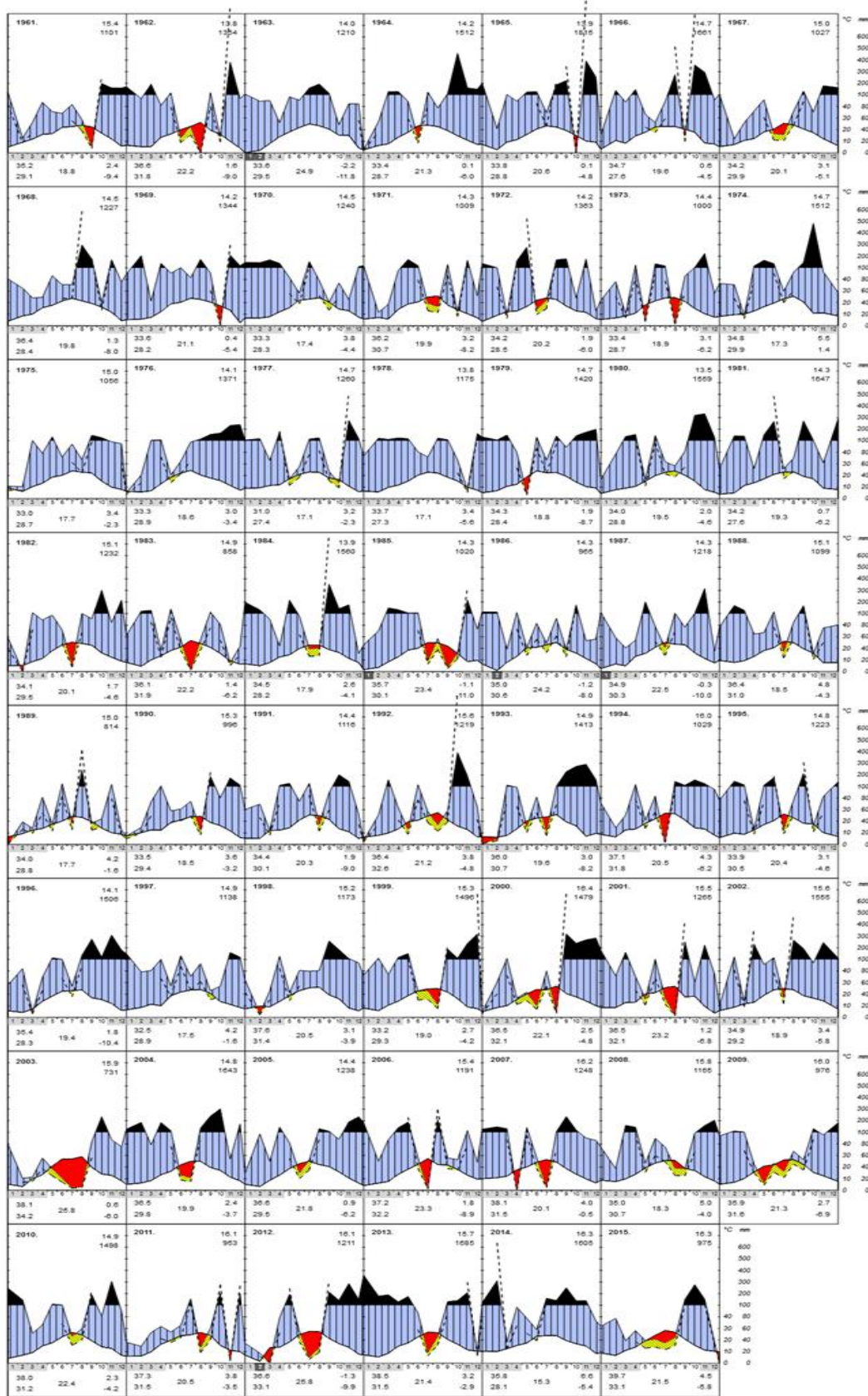
Analiza humidnosti klime po kišnim faktorina M. Gračanina prikazana je u tablici 3. Meteorološke postaje na području submediterana (Senj i Karlobag) imale su ukupno tri perhumidna mjeseca. Meteorološka postaja Rab (eumediteran) je imala jedan perhumidni mjesec, dok to nije bio slučaj za meteorološku postaju Zadar. Meteorološka postaja Senj imala je samo jedan aridni mjesec (srpanj). Ostale meteorološke postaje imale su po dva do tri aridna mjeseca (tablica 3).

Numeričke vrijednosti i obrazloženje klimatskih indeksa je prikazano u tablici 4. S obzirom na vrijednosti langovog kišnog faktora, klima na svim meteorološkim postajama bila je semihumidna. Najveći Langov kišni faktor bio je na području Senja (84,54), a najmanji na području Zadra (60,05). Prema de Martonne indeksu aridnosti, klima je nila humidna. Najveći indeks aridnosti bio je na području Senja (50,6), a najmanji na području Zadra (36,2). Klima je kontinentalna na svim analiziranim meteorološkim postajama. Vrijednosti pluviotermičkog kvocijenta su se smanjivale od sjevera, na području Senja, prema jugu, na području Zadra (tablica 4).

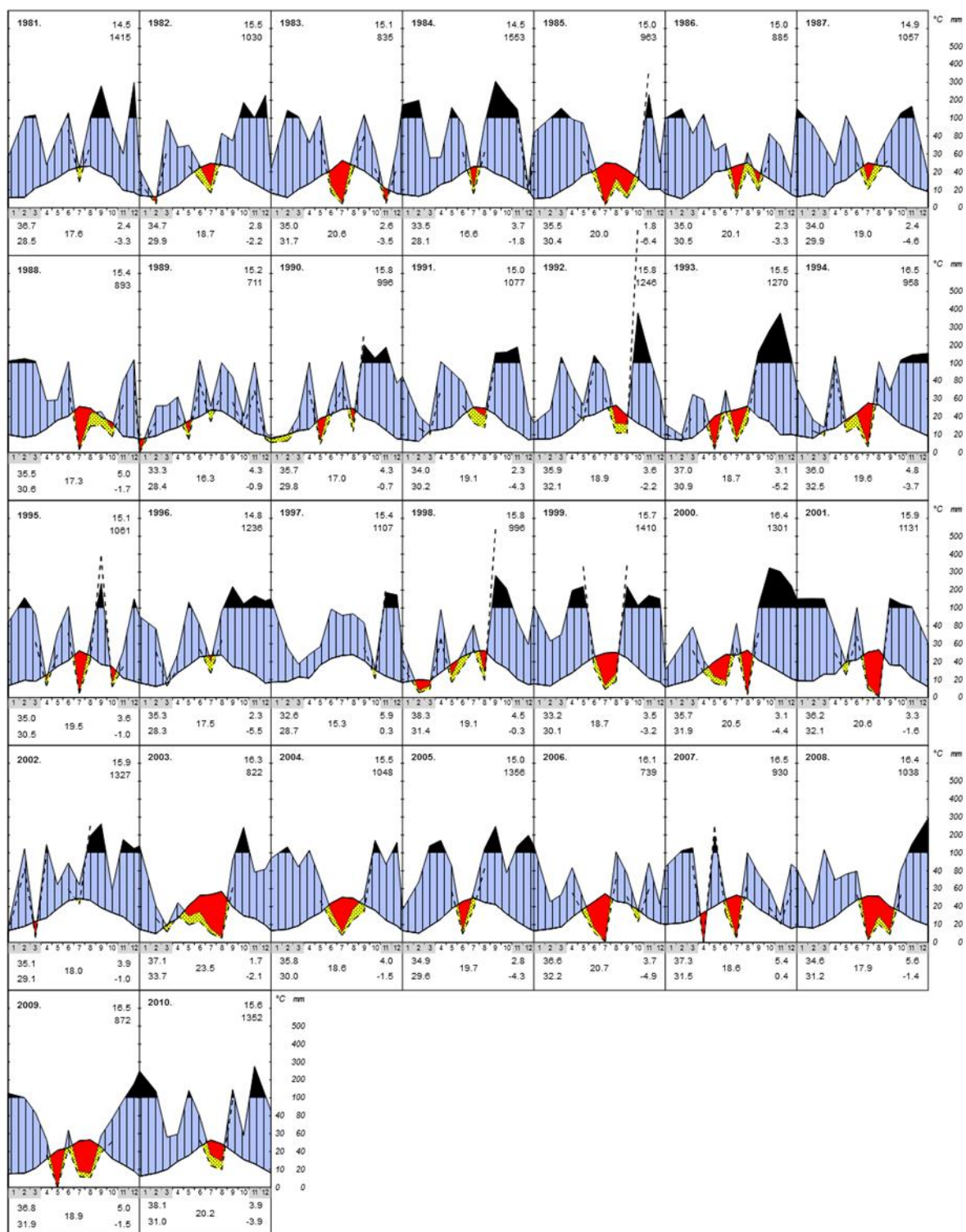
Tablica 4. Vrijednosti i obrazloženje klimatskih indeksa

Klimatski indeks	Meteorološke postaje			
	Senj	Karlobag	Rab	Zadar
Langov kišni faktor	84,54 semihumidna	76,22 semihumidna	73,94 semihumidna	60,05 semihumidna
De Martonne indeks aridnosti	50,6 humidna	46,8 humidna	40,7 humidna	36,2 humidna
Stupanj kontinentalnosti	39,34 kontinentalna	43,61 kontinentalna	39,10 kontinentalna	36,77 kontinentalna
Pluviotermički kvocijent	149,14	127,72	120,15	115,51

Na slikama 3. i 4. su prikazani klimatogrami za meteorološke postaje Senj i Rab. Klimatogrami predstavljaju grafički prikaz srednjih mjesečnih temperatura zraka i količina oborine, ali za svaku godinu posebno. Na osnovu takovog grafičkog prikaza možemo uočiti sušne godine i na području meteorološke postaje Senj (submediteran).



Slika 3. klimatogrami za meteorološku postaju Senj (submediteran)



Slika 4. Klimatogrami za meteorološku postaju Rab (eumediteran)

4.2. Analiza trenda i odstupanja klimatskih elemenata od referentnog niza

U tablici 5. su prikazani trendovi godišnjih oborina (mm), srednjih godišnjih temperatura zraka (°C) i iznosa godišnje potencijalne evapotranspiracije (mm). Na području istraživanja prisutan je statistički značajan trend smanjivanja količine oborina na području Karlobaga i statistički značajan trend povećanja količine oborina na području Zadra. Na svim analiziranim meteorološkim postajama, utvrđeno je značajno povećanje vrijednosti srednjih godišnjih temperatura zraka i potencijalne evapotranspiracije (tablica 5).

Tablica 5. Trendovi klimatskih elemenata i indeksa te njihova signifikantnost

Meteorološka postaja	Oborina (mm)		Temperatura zraka (°C)		PET (mm)	
	nagib	p-razina	nagib	p-razina	nagib	p-razina
Senj	- 1.07	ns	+ 0.03	**	+ 0.18	*
Karlobag	- 32.16	**	+ 0.04	*	+ 0.20	*
Rab	- 0.22	ns	+ 0.05	**	+ 0.30	**
Zadar	8.00	*	+ 0.04	**	+ 0.21	*

PET= potencijalna evapotranspiracija; ns=nije signifikantno; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

U tablicama 6., 7. i 8, su prikazana odstupanja srednjih godišnjih temperatura zraka, godišnje količine oborina i godišnji iznos potencijalne evapotranspiracije vremenskog razdoblja 1991. – 2015. U odnosu na referentni niz 1961. – 1990. Zbog izostanka klimatskih podataka za vremensko razdoblje referentnog niza, u tablicama nisu prikazane promjene klimatskih elemenata i potencijalne evapotranspiracije za meteorološku postaju Karlobag. Promjena količine oborina u vremenskom razdoblju 1991. – 2015. nije bila statistički značajna u odnosu na referentni niz. Najveće povećanje količine oborine u iznosu od + 43 mm bilo je na području Raba. Na području Zadra utvrđeno je smanjenje količine oborine u odnosu na referentni niz u iznosu od -18 mm (tablica 6).

Tablica 6. Srednja godišnja količina oborina (mm) referentnog niza i niza 1991. – 2015.

Meteorološka postaja	Referentni niz 1961-1990 (mm)	Period 1991-2015 (mm)	Razina značajnosti
Senj	1254 ± 252,91	1269 ± 243,99	ns
Rab	1074 ± 250,08	1117 ± 240,33	ns
Zadar	916 ± 182,18	898 ± 200,87	ns

prosjeck±sd; **p<0.01

Srednje godišnje temperature zraka u vremenskom razdoblju 1991. – 2015., povećale su se u odnosu na referentni niz. Ovo povećanje je bilo od +0,9 °C do + 1,0 °C (tablica 7).

Tablica 7. Srednja godišnja temperatura zraka (°C) referentnog niza i niza 1991. – 2015.

Meteorološka postaja	Referentni niz 1961-1990 (°C)	Period 1991-2015 (°C)	Razina značajnosti
Senj	14,4 ± 0,48	15,4 ± 0,66	**
Rab	14,9 ± 0,47	15,9 ± 0,59	**
Zadar	14,7 ± 0,30	15,6 ± 0,56	**

prosjeck±sd; **p<0.01

U vremenskom razdoblju od 1991. do 2015. godine utvrdili smo statističko značajno povećanje iznosa potencijalne evapotranspiracije. Povećanje je iznosilo od +14 mm na području Senja do +29 mm na području Zadra (tablica 8).

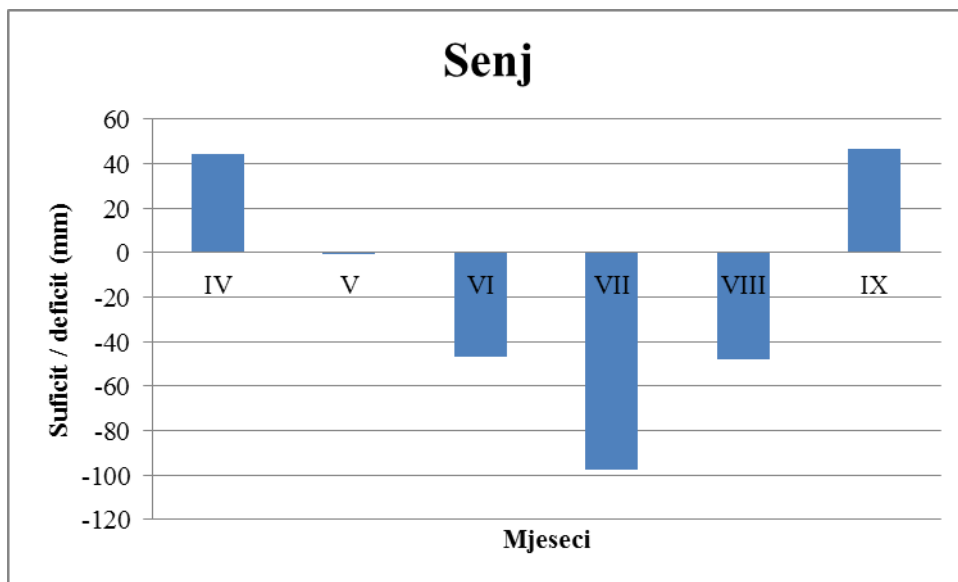
Tablica 8. Srednja godišnja potencijalna evapotranspiracija (mm) referentnog niza i niza 1991. – 2015.

Meteorološka postaja	Referentni niz 1961-1990 (mm)	Period 1991-2010 (mm)	Razina značajnosti
Senj	719 ± 8.85	733 ± 11.39	**
Rab	733 ± 9.95	755 ± 11.57	**
Zadar	996 ± 9,30	1025 ± 16,93	**

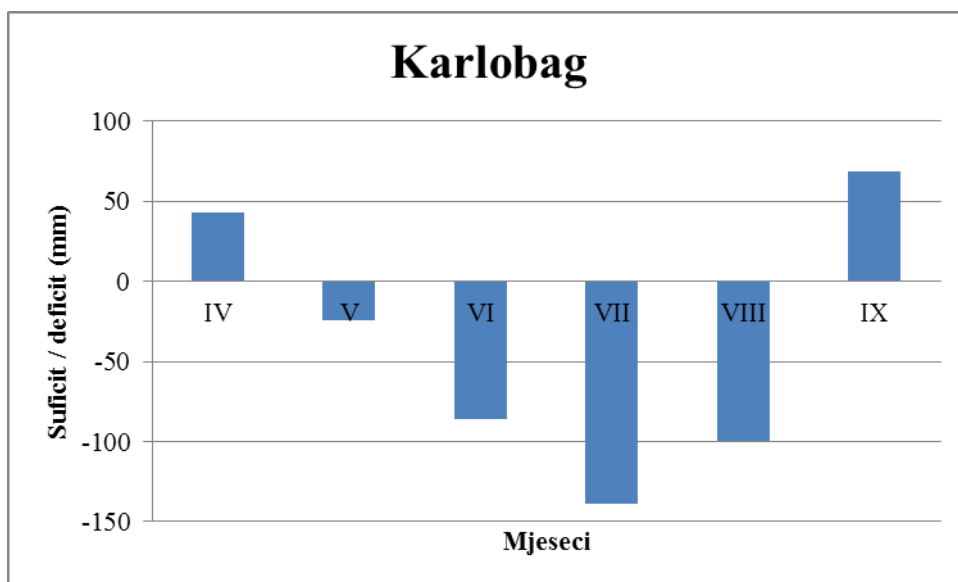
prosjeck±sd; **p<0.01

4.3. Vodna bilanca ekosustava

Na području meteoroloških postaja Senj i Karlobag, vodni deficit je trajao od svibnja do kolovoza. Najveći vodni deficit je bio u srpnju i iznosio je -97,5 mm za meteorološku postaju Senj i -139,1 mm za meteorološku postaju Karlobag (slike 5 i 6).

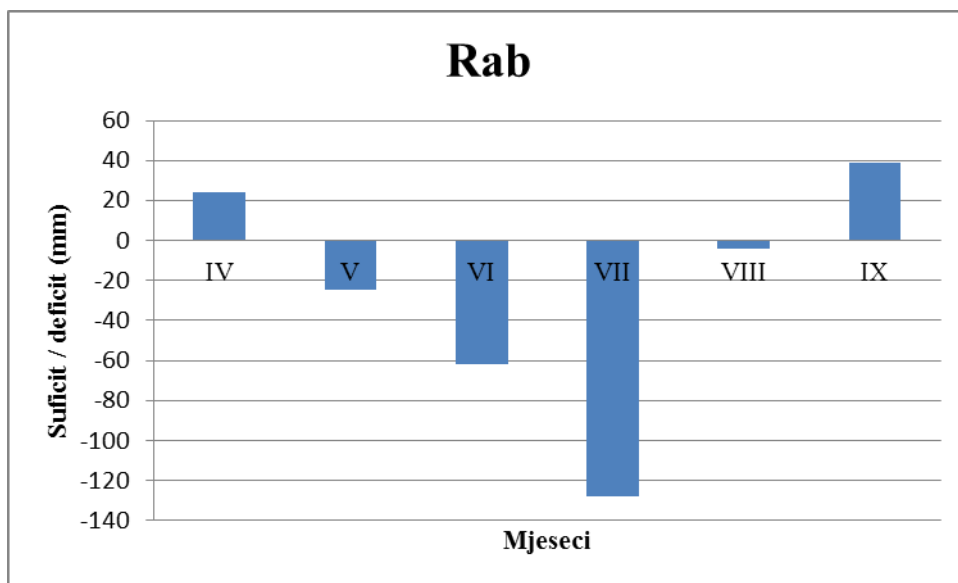


Slika 5. Vodni suficit / deficit na području meteorološke postaje Senj

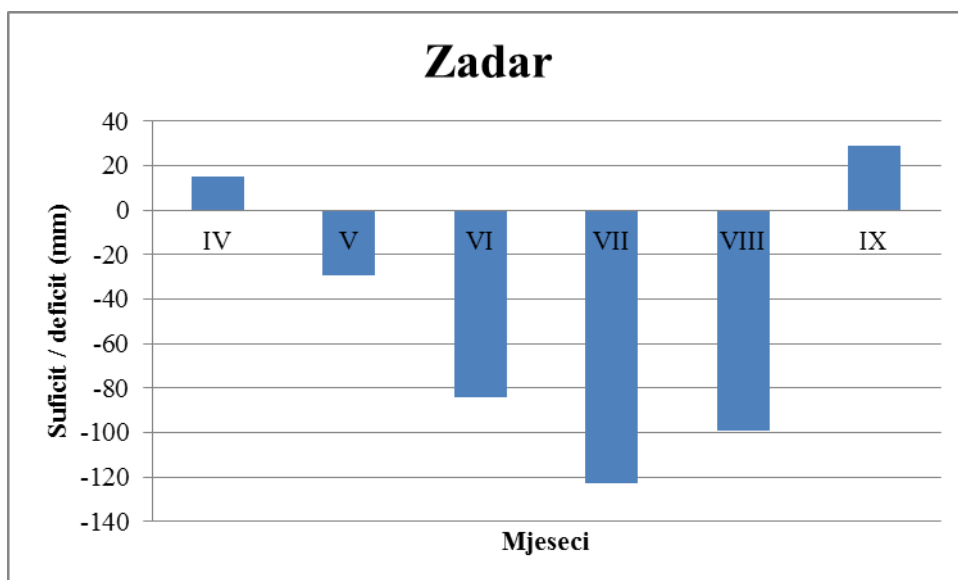


Slika 6. Vodni suficit / deficit na području meteorološke postaje Karlobag

Vodni deficit na području meteorološke postaje Rab i Zadar, trajao je od svibnja do kolovoza. Najveći vodni deficit je bio tijekom srpnja -127,7 mm na području Raba i -122,8 mm na području Zadra (slike 7 i 8).



Slika 7. Vodni suficit / deficit na području meteorološke postaje Rab



Slika 8. Vodni suficit / deficit na području meteorološke postaje Zadar

5. Zaključak

Područje submediterana je hladnije i humidnije u odnosu na područje eumediterana. Meteorološke postaje na području eumediterana bile su toplije i aridnije u odnosu na postaje na području submediterana. Suše su na području eumediterana učestalije i vremenski dulje traju u odnosu na područje submediterana. Na istraživanom dijelu eumediterana i submediterana utvrđeno je trend smanjivanja količine oborina, s izuzetkom meteorološke postaje Zadar na kojoj je prisutan trend povećanja količine oborine. Ovi trendovi su statistički značajni samo za područje meteoroloških postaja Karlobag i Zadar. Rezultati istraživanja pokazali su značajno povećanje temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije u vremenskom razdoblju na istraživanom području eumediterana i submediterana u vremenskom razdoblju 1991. - 2015. u odnosu na referentni niz. Temperature zraka su se povećale u rasponu od 0,5 °C do 1,0 °C, sa trendom daljnjeg povećanja. Promjene količine oborina u vremenskom razdoblju 1991. – 2015. u odnosu na referentni niz nisu bile statistički značajne s korenspodira s predviđanjima regionalnog klimatskog modela. Na području istraživanja vodni deficit trajao je od mjeseca svibnja do mjeseca kolovoza. U budućnosti treba obavljati permanentni monitoring odnosa klime i klimatskih promjena s promjenama u šumskim ekosustvima.

6. Literatura

1. Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), 2009: Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC). Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, Zagreb.
2. Dufour-Dror, J.M.; Ertas, A. 2004: Bioclimatic perspectives in the distribution of *Quercus ithaburensis* Decne. Subspecies in Turkey and in the Levant. Journal of Biogeography, Volume 31:461-474.
3. Giorgi F, 2002: Variability and trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: Observations, Clim. Dyn., DOI 10.1007/s00382-001-0204-x.
4. Gračanin M., Ilijanić Lj. 1977: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga Zagreb, str. 318
5. Heino, R., Brázdil, R., Førland, E., Tuomenvirta, H., Alexandersson, H., Beniston, M., Pfister, C., Rebetez, M., Rosenhagen, G., Rösner, S., Wibig, J., 1999: Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. Climatic Change 42: 151–181.
6. Jacobeit, J., Wanner, H., Luterbacher, J., Beck, C., Philipp, A., K. Sturm, 2003: Atmospheric circulation variability in the North-Atlantic-European area since the midseventeenth century. Clim. Dyn. 20: 341-352.
7. Moonen, A.C., Ercoli, L., Mariotti, M., Masoni, A., 2002: Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. Agricultural and Forest Meteorology 111: 13-27.
8. Monachus 2004: KlimaSoft 2.1., www.mrg.hr
9. Prpić, B., 1986: Odnos hrasta crnike i nekih njegovih pratilica prema vodi i svjetlu. Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje 2:69-77.
10. Sardans, J., Peñuelas, J. 2004: Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. Plant Soil 267: 367–377.
11. Seletković, Z., Tikvić, I., Vučetić, M., Ugarković, D. 2011: Klimatska obilježja i vegetacija mediteranske Hrvatske. U: "Šume hrvatskog sredozemlja" (ur. Matić S.). Zagreb: Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, str. 142–157.
12. Smith, B., Ludlow, L., Brklacich, M., 1988: Implications of a global climatic warming for a agriculture: a review and appraisal. Journal of Environmental Quality 17: 519–527.
13. StatSoft, Inc. (2003). STATISTICA for Windows. Tulsa: StatSoft, Inc.
14. Šegota, T., A. Filipčić, 1996: Klimatologija za geografe. Školska knjiga Zagreb, str. 471.
15. Šimunić, I. *Regulation and protection of water*, 1st ed.; Publisher: Croatian University Press, University of Zagreb Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, 2016; pp. 165. ISBN 978-953-169-332-5.

16. Ugarković, D., Kelava Ugarković, N. 2013: Changes and trends of climate elements and indices in the region of Mediterranean Croatia. *Journal of central European agriculture* 14 (1): 236-249. doi:10.5513/JCEA01/14.1.1189
17. Weber, R. O., P. Talkner, I. Auer, R. Bohm, M. Gajić-Čapka, K. Zaninović, R. Brazdil, P. Faško, 1997: 20th century changes of temperature in the mountain regions of Central Europe. *Climate Change* 36: 327-344.